

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

Бакиева Жанель Хайроллаевна

Разработка автоматической системы управления руднотермической печи

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Специальность 5В070200 – «Автоматизация и управление»

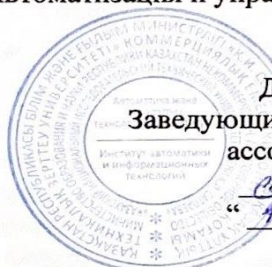
Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой АиУ к.ф.м.н,
ассоциированный профессор
Алдияров Н.У.
“16” мая 2022 г.

Пояснительная записка
к дипломному проекту

На тему: « Разработка автоматической системы управления
руднотермической печи»

По специальности: 5В070200 - Автоматизация и управление

Выполнила

Бакиева Ж..Х.

Рецензент
магистр техн. по спец. РЭТ
Сихимбаев А.С.
“16” мая 2022 г.



Научный руководитель
ассистент-профессор, доктор PhD
Омирбекова Ж.Ж.
“16” мая 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой АиУ

к.ф.м.н.,

ассоц. профессор

Алдияров Н.У.

« 16 » мая 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающегося Бакиева Ж.Х.

Тема: «Разработка автоматической системы управления руднотермической печи»

Утвержден приказом ректора Университета № 489-П/Ө от «24» декабря 2021 г.

Срок сдачи законченной работы: "5" мая 2020 г.

Исходные данные дипломного проекта:

Перечень подлежащих разработке в дипломной работе вопросов или краткое содержание дипломной работы: а) Описать технологический процесс восстановления металлов; б) Описание конструкции и особенности печи; в) Произвести расчеты для определения оптимального регулирования электрическим режимом печи.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): схема автоматизации руднотермической печи

Рекомендуемая основная литература:

Богданов С.П. Электротермические процессы и реакторы: учебное пособие./ С.П. Богданов, К.Б. Козлов, В.А. Лавров, Э.Я. Соловейчик.- СПб.: Проспект Науки, 2009. – 424 с.

Свенчанский А.Д. Электрические промышленные печи. Ч.2. Дуговые печи – М.: Энергия, 2011. – 264 с.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Технологический раздел	1 марта 2022 г.	
Специальный раздел	28 апреля 2022 г.	

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технологический раздел	ассистент-профессор, доктор PhD Омирбекова Ж.Ж.	03.03.22	<i>Ж.Омирбекова</i>
Специальный раздел	ассистент-профессор, доктор PhD Омирбекова Ж.Ж..	13.04.22	<i>Ж.Омирбекова</i>
Нормоконтролер	к.т.н., ассистент-профессор Сарсенбаев Н.С.	16.05.22	<i>Н.С.Сарсенбаев</i>

Научный руководитель *Ж.Омирбекова* Омирбекова Ж.Ж..

Задание принял к исполнению обучающийся *Ж.Бакиева* Бакиева Ж.Х.

Дата 27 января 2022 г.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс 37 парақтардан, 14 суреттерден, 10 пайдаланылған әдебиет көздерінен тұрады, жұмыс негізгі тарауларын ; және енгізуден тұрады.

Зерттеу нысаны: дөңгелек ашық ваннасы бар үш электрод кен термиялық пеш.

Жұмыстың мақсаты: балқытудың электр және технологиялық режимдерінің тиімділігін арттыруды, сондай-ақ түпкілікті өнімнің құнын төмендетуді қамтамасыз ететін қисық фазалық токтың үйлесімді құрамын талдауға негізделген кен термиялық пешті басқарудың жетілдірілген жүйесін әзірлеу. Жұмыстың өзектілігі.

Тақырыптың өзектілігі. Қазақстан бүкіл әлемде хром кендерінің қорлары бойынша екінші орында, сондықтан кен термиялық пештің жетілдірілген моделін әзірлеу елдің экономикалық дамуына көмектесе алады. Кен термиялық пешті басқару процесін оңтайландыру хром өңдейтін ірі зауыттардың бірі-Ақтөбе ферроқорытпа зауытының одан әрі дамуы мен өсуі үшін үлкен прогреске қол жеткізді.

Дипломдық жұмыстың бірінші бөлімінде кен термиялық пештің технологиялық процесі мен жұмыс принципі қарастырылды, зерттеу нысаны ретінде осы пештің электр режимі алынды.

Дипломдық жұмыстың екінші бөлімінде кен термиялық пештің дизайны қарастырылды, жеке бөліктер толығымен бөлшектелді, олардың жұмыс принципі, құрылымы және жеке бөліктер қандай материалдардан жасалды.

Дипломдық жұмыстың үшінші бөлімінде математикалық модель жасалды және кен термиялық пештің оңтайлы жұмыс істеуі үшін реттегіш есептелді.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из 37 страниц, 14 рисунков, 10 использованных источников литературы, работа состоит из введения, основных глав, в которую входит подробное описание технологического проекта.

Объект исследования: трехэлектродная руднотермическая печь с круглой открытой ванной.

Цель работы: разработка усовершенствованной системы управления руднотермической печью, основанной на анализе гармонического состава кривного фазного тока, обеспечивающий повышение эффективности электрических и технологических режимов плавки, а также снижение стоимости конечного продукта.

Актуальность работы. В настоящее время Казахстан занимает второе место по запасам хромовых руд во всем мире, поэтому разработка усовершенствованной модели руднотермической печи может помочь экономического развитию страны. Оптимизация процесса управления руднотермической печи дало большой прогресс и для дальнейшего развития и роста Актюбинского завода ферросплавов, одного из крупнейших заводов по переработке хрома.

В первой части дипломной работы рассматривался технологический процесс и принцип работы руднотермической печи, за объект исследования был взят электрический режим данной печи.

Во второй части дипломной работы рассматривалась конструкция руднотермической печи, полностью были разобраны отдельные части, их принцип работы, конструкция и из каких материалов были выполнены отдельные части.

В третьей части дипломной работы была разработана математическая модель и был произведен расчет регулятор для оптимальной работы руднотермической печи.

ABSTRACT

The thesis consists of 37 pages, 14 figures, 10 used literature sources, the work consists of an introduction and main chapters.

Object of research: three-electrode ore-thermal furnace with a round open bath.

Project aim: to develop an improved control system for an ore-thermal furnace based on the analysis of the harmonic composition of the phase current curve, which provides an increase in the efficiency of electrical and technological modes of melting, as well as a reduction in the cost of the final product.

Actuality of the work. Currently, Kazakhstan ranks second in the reserves of chrome ores in the world, so the development of an improved model of an ore-thermal furnace can help the economic growth of the country. Optimization of the control process of the ore-thermal furnace has made great progress for the further development and growth of Aktobe Ferroalloy Plant, one of the largest chromium processing plants.

In the first part of the thesis, the technological process and the principle of operation of the ore-thermal furnace were considered, the electric mode of this furnace was taken as the object of research.

In the second part of the thesis, the design of the ore-thermal furnace was considered, the individual parts were completely disassembled, their principle of operation, design and what materials the individual parts were made of.

In the third part of the thesis, a mathematical model was developed and a regulator was calculated for optimal operation of the ore-thermal furnace.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 АСУ ТП руднотермической печи	10
1.1 Технологический процесс	10
1.2 Распределение энергии в ванне печи	12
1.3 Конструкция печи	14
1.3.1 Ванна печи	14
1.3.2 Футеровка печи	16
1.3.3 Устройство герметизации печи	17
1.3.4 Система загрузки печи	19
1.3.5 Система разгрузки печи	20
1.3.6 Электроды	23
1.3.7 Электрооборудование РТП	25
2 Расчетная часть	29
2.1 Электрический режим РТП	29
2.2 Составление математической модели электрического режима РТП	30
2.3 Регулятор АСУ ТП РТП	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	38
СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ	39
ПРИЛОЖЕНИЕ I	40
ПРИЛОЖЕНИЕ II	41
ПРИЛОЖЕНИЕ III	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	43

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время процесс развития металлургии идет в ногу с современными технологиями, так как отрасль металлургии является неотъемлемой частью экономики всего мира. Казахстан занимает второе место по всему миру по производству хромовой руды, уступая только ЮАР. Добыча сырья на Донском ГОКе с 1938 года составила 114 млн т, соответственно внедрение новых технологий поможет оптимизировать сложный технический процесс, что в дальнейшем также приведет к уменьшению затрачиваемой энергии и увеличению качества и количества желаемого сырья.

Актуальность работы. В настоящее время Казахстан занимает второе место по запасам хромовых руд во всем мире, поэтому разработка усовершенствованной модели руднотермической печи может помочь экономического развитию страны. Оптимизация процесса управления руднотермической печи дало большой прогресс и для дальнейшего развития и роста Актюбинского завода ферросплавов, одного из крупнейших заводов по переработке хрома.

Целью работы. Цель данного дипломного проекта является оптимизирование электрического режима руднотермической печи, уменьшение количества затрачиваемой энергии, увеличение количества и улучшение качества конечного продукта. Также не мало важно поддерживать оптимальный уровень работы печи на длительное время. Данный процесс является трудоемким из-за высокой температуры не только в ванне печи, но и снаружи. Данный процесс может нести опасность не только для человека, но и для всего предприятия в целом. Поэтому задача автоматизации и оптимизации данного процесса актуальна в настоящее время.

Задачи работы. Изучение технологического режима РТП; изучение особенностей конструкции РТП; изучение особенностей электрического режима РТП; изучение влияния П-регулятора на систему

1 АСУ ТП руднотермической печи

1.1 Технологический процесс

Руднотермические печи (РТП) – данное изобретение относится к отрасли металлургической промышленности и может быть использовано в качестве основного агрегата на предприятиях цветной металлургии. Одним из основных принципов работы руднотермических печей основывается на работе электродов, одним из самых распространенных видов является трехэлектродная руднотермическая печь, электроды устанавливаются под углом от 30 до 80°. Недостатком такого расположения электродов является то, что при протекании токов в верхней части горизонтальной плоскости происходит неравномерный нагрев. В части объемной плавильной емкости не выделено. Перемещение трех электродов в вертикальной плоскости связано с теми же трудностями.

Недостатком руднотермических печей является то, что регулирование тока в фазных электродах осуществляется путем изменения их заглубления в расплав. При определенных полостях нижней части расплав практически не подвергается воздействию электрического поля и не нагревается. Основной задачей изобретения является регулирование производительности печи и снижении энергозатрат при обеспечении равномерного протекания процесса плавки. Технический результат заключается в снижении потерь энергии за счет выравнивания тока в фазе электродов равномерного тепловыделения в объеме расплава.

Данный результат технического процесса достигается тем, что три электрода, равноудаленных друг от друга и от центра печи, дополнительно снабжены четвертым электродом, расположенным в центре печи и установленным с возможностью их перемещения по вертикальной ось. Ввод дополнительного электрода обеспечит выравнивание тока в фазе электродов и равномерное выделение тепла в объеме расплава, что в свою очередь приведет к снижению энергозатрат и упростит регулирование производительности печи. Руднотермическая печь состоит из кожуха, в котором расположены однофазные электроды. Данные электроды расположены в вершинах равностороннего треугольника, а нулевой электрод в центре данного электрода. Выпекать в верхней под закрытым сводом.

Процесс плавки происходит в непрерывном режиме на переменном токе промышленной частоты. Материал заливают через отверстия в своде. К трем основным электродам проведен ток. Четвертый подключен к нулевой фазе. При вертикальном перемещении нулевого электрода осуществления тока и напряжения на фазных трех электродах увеличивается, при удлинении уменьшается. Наличие четвертого электрода позволяет уравнивать значения тока и напряжения в фазных электродах, что в свою очередь способствует равномерному выделению тепла в объеме расплава и энергосбережению. Перемещение нулевого электрода осуществляется с помощью стандартного обходного механизма. Тепло за

счет которого происходит процесс плавления, образуется за счет сопротивления слоя расплава протеканию электрического тока. Влияние глубины погружения электрода при нулевых значениях тока и напряжения в фазных электродах подтверждается экспериментальными исследованиями, проведенными на модели электролизера. Использование предлагаемой руднотермической печи позволит по сравнению с прототипом установить равномерный нагрев расплава по всему объему и снизить энергозатраты. Руднотермическая печь, состоящая из цилиндрического корпуса, внутри которого вертикально расположены три электрода, равноудаленные друг от друга и от центра печи, при этом печь дополнительно снабжена четвертым электродом, установленным в центре печи [1].

Таблица 1 – Удельный расход энергии в руднотермической печи

Удельный расход энергии	Процесс производства
10000÷16000 кВт. ч/т	фосфора
8800÷9700 кВт. ч/т	80% ферро силиция
4700÷4800 кВт. ч/т	50% ферро силиция
4100÷4700 кВт. ч/т	силико марганца
3000÷3500 кВт. ч/т	огнеупоров «на блоках»
2800 кВт. ч/т	электрокорунда
720 кВт. ч/т	медно никелевого штейна

Достоинством электрического нагрева и специальных методов нагрева дугового типа является возможность использования рудных термо плавких печей для материалов, которые менее продуктивны или которые не могут быть получены другими методами. Рудные термо плавильные печи также могут использоваться в таких отраслях промышленности, где они успешно реализуются в печах сопротивления или топливных печах.

В слое электропроводимой шихты в процессе прохождения тока электрическая энергия преобразуется в тепловую, что является одним из важнейших процессов в руднотермической печи. Также схожий процесс может происходить в дуговом разряде и в электровыводимом расплаве. Вследствие данного процесса РТП рассматриваются как дуговые установки, что облегчает процесс изучения всего производства.

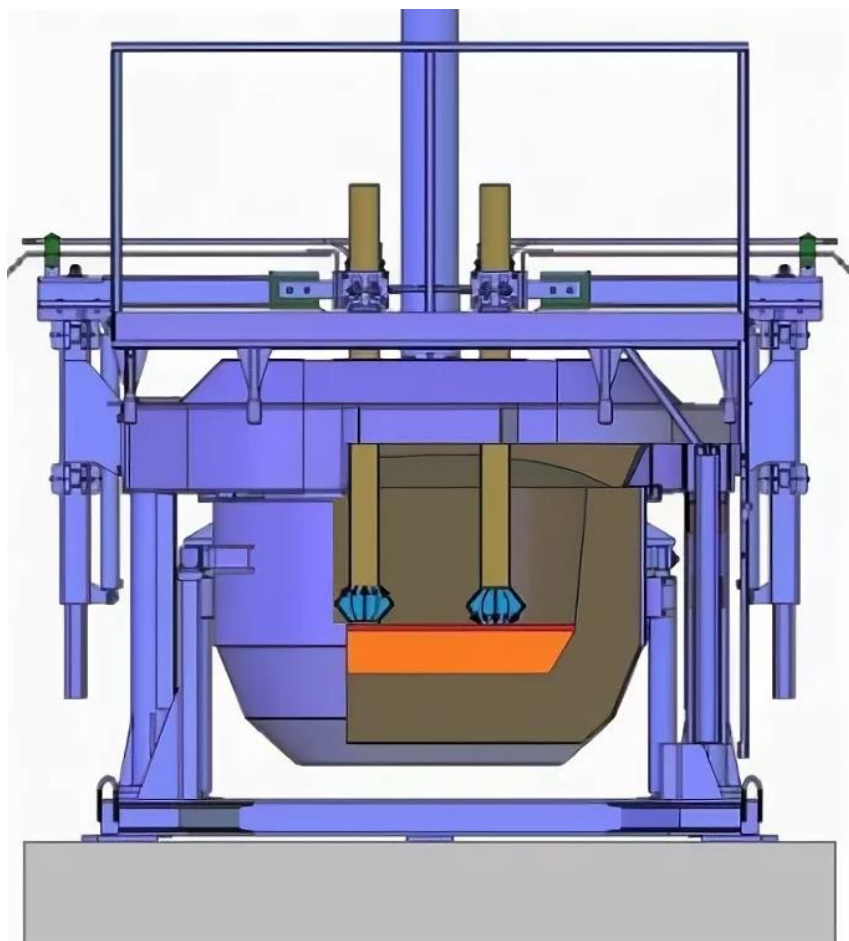
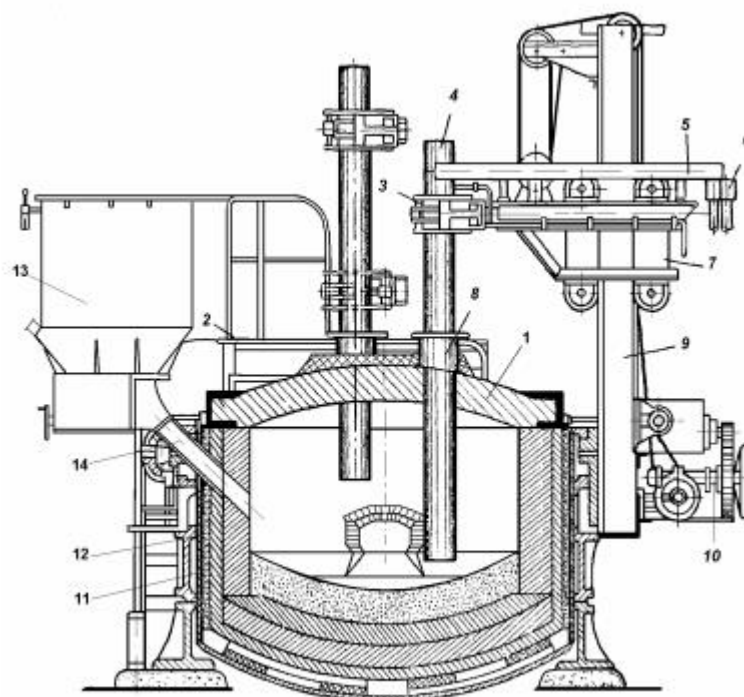


Рисунок 1.1 – Руднотермическая печь

1.2 Распределение энергии в ванне печи

В настоящее время современные руднотермические печи по тип дуг делятся на три типа: печи с закрытой дугой, печи с открытой дугой и печи сопротивления.



1 – свод; 2 - площадка для обслуживания электродов; 3 - электрододержатель; 4 - электрод; 5 - токоподвод; 6 - башмаки гибкой части токоподвода; 7 - каретка; 8 - уплотняющее кольцо; 9 - стойка; 10 - привод перемещения электрода с тросовой передачей; 11 – кожух печи; 12 - футеровка; 13 – бункер; 14 – течка

Рисунок 1.2 - Конструкция руднотермической печи для выплавки ферро ванадия

Основными преимуществами процессов протекаемых в руднотермических печах с открытой дугой определяется дуговым разрядом, между электродами и расплавом металла. Также характеризуется минимальным количеством энергии выделяемого на сопротивления материала, который расплавлен. В сравнении с дуговыми печами, данный вид печей намного больше в размерах, но в выполняемых характеристиках и в процессе эксплуатации можно заметить большие сходства. Сходства при эксплуатации можно заметить при производстве без углеродистого ферро марганца, марганца, без углеродистого ферро хрома, чугуна, никеля рудно термические печи в широком применении используются по нагреву смешанного типа. Также нужно брать во внимание, что некоторые показатели могут изменяться в течении одного процесса в различные периоды плавки.

Приведем пример, при плавке некоторых высоко углеродных материалов весь процесс будет протекать наличием большого количества шлака и отсутствием заметных дуг.

На сопротивление шлака в процессе плавки выделяется некоторое количество энергии, в конце данного процесса между электродами и расплавом в ванне печи устанавливается электрическая дуга.

По количеству выделяемого шлака можно разделить процессы разного типа на несколько видов:

– Бесшлаковая технология. К данному виду технологии относится производство ферро силиция, карбида кальция, ферро вольфрама и кремния. Особенностью данной технологии является разнице между мощностью получаемой в дуге и между джоулевым теплом, мощность в дуговой части намного больше.

– Шлаковая технология. К данному виду технологии относится производство силикатного алюминия, силикатного кальция, силикатного хрома. Технологический процесс характеризуется тем, что электроды довольно глубоко погружены в шихту, соответственно замыкающая ток является ванна с расплавом, другая же часть замыкается между электродами.

– Многошлаковая технология. К данному виду технологии относится производство углеродистого ферро марганца, ферро никеля, углеродистого силико марганца. Руднотермический процесс при стабильной работе печи характеризуется довольно стабильной посадкой электродов в шихту руднотермической печи. Особенностью данной технологии является малое значение разряда дуги в руднотермическом процессе.

Чаще всего нагревания сопротивления является характерным действием для процессов, где рабочая зона похожа с многошлаковым процессом, то есть электроды глубоко и устойчиво находятся в слое электро проводимой шихты, примером данного процесса является производство фосфора, или же посажены в слой расплавленного шлака, примером является производство плавки штейна. в случаях когда мощность намного меньше джоулевой энергии является абсолютным нарушением технологического процесса работы руднотермической печи [2].

1.3 Конструкция печи

1.3.1 Ванна печи

Ванна руднотермической печи выбирается от процесса происходящего внутри данной ванны. В настоящее наибольшей популярностью пользуются руднотермические печи трехфазные с круглой ванной. Так к примеру для производства жидких продуктов используются стационарные ванны, крепко закрепленные на фундамент.

В производстве большим спросом пользуются также печи с так называемой подвижной частью, то есть при помощи такого механизма легко выполнять функцию наклона печи при которой можно произвести слив продукта. Одними из основных частей печи выполняющие данные функции является подвижная ванна состоящая футерованной тележки и кожуха, выполненного из стали.

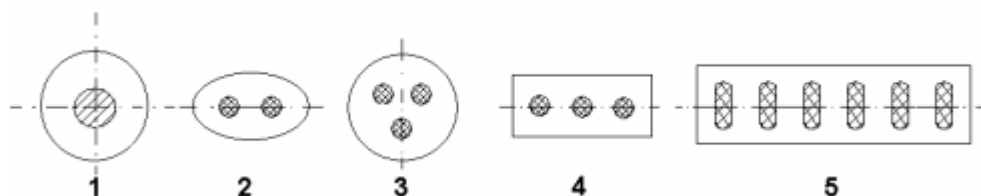
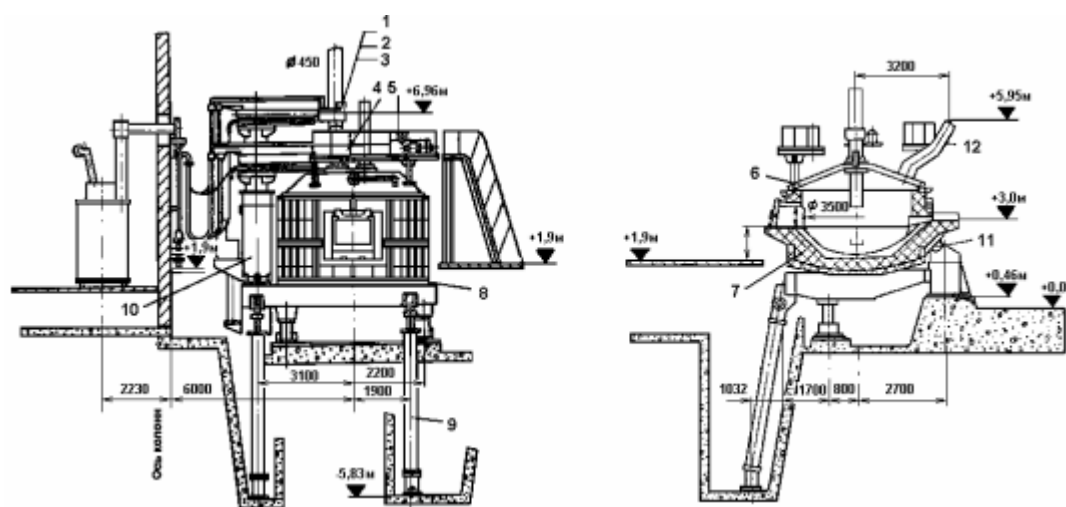


Рисунок 1.3 – Ферросплавная шести электродная печь РПЗ-48

В современных печах ванна может быть не только подвижной для слива продукта, но так иметь функции вращения. Данная функция необходима для улучшения качества рыхления шихты и улучшения качества протекаемого в данной печи технологического процесса



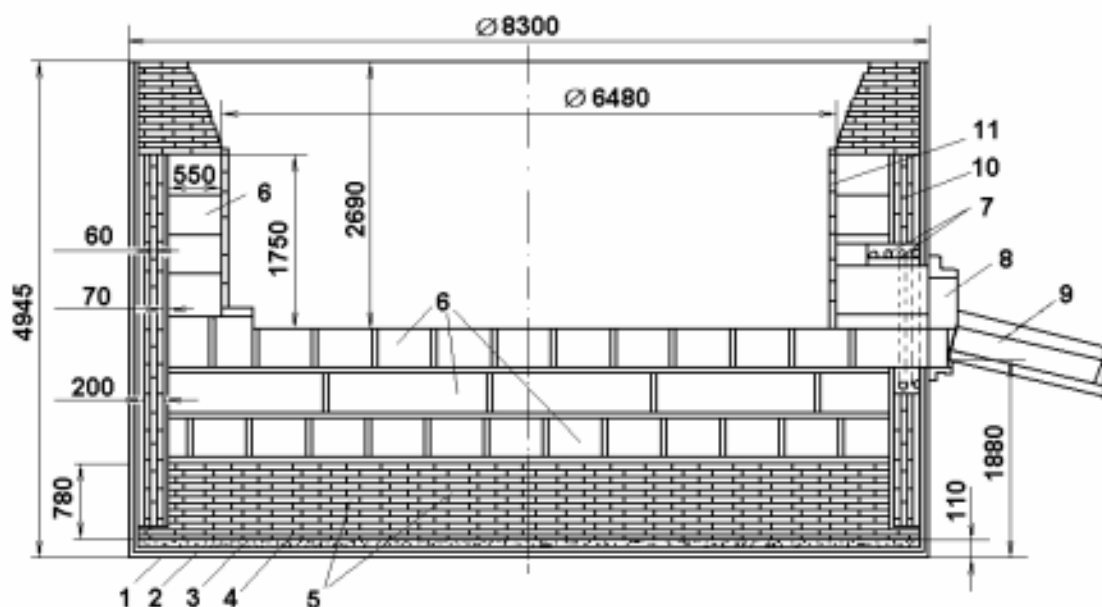
1,2,3 – электроды; 4 – площадка; 5 – шнековый питатель; 6 – металлический водоохлаждаемый свод; 7 – футеровка; 8 – кожух печи; 9 – гидравлический механизм наклона; 10 – шахта для колонок; 11 – цапфа; 12 – водоохлаждаемый патрубок для отсоса газов

Рисунок 1.4 – Трёх электродная наклоняющаяся печь для плавки никеля мощностью 7,9 МВ. А

В современных круглых печах для равномерного проплавления материалов, лучшего разрыхления шихты и хода технологического процесса имеется механизм вращения ванны. В конечном итоге благодаря данным манипуляциям на довольно большое количество уменьшается удельный расход электроэнергии и увеличивается производительность печи. Механизм вращающейся ванны представляет собой неподвижную основу в виде электродов и системы, и только ванна вращается вокруг вертикальной оси, наклоненной под определенным углом и имеет частоту вращения примерно один оборот в секунду [3].

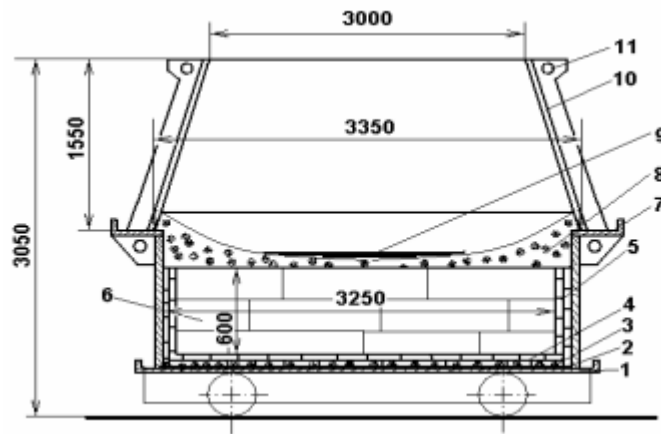
1.3.2 Футеровка печи

Футеровка руднотермической печи — одна из важных составляющих всего технологического процесса, вследствие чего должна быть выбрана четкая по параметрам выбранного продукта. По стандарту, футеровка печи покрывается непроплавленной шихтой, а в нижней части, где располагается поды, расположен слой расплавленного и горячего металла, температура данного металла может с легкостью растворить металл футеровки. Вследствии работы с большими температурами, именно доменный кирпич используется для покрытия верхушки футеровки. Угольный блок или же магнезитный кирпич используют для покрытия нижней части футеровки, так как именно эта часть имеет контакт с расплавленным горячим металлом. Футеровке низов, а именно подины уделяют особое внимание и делают наиболее мощной.



1 – кожух ; 2 - асбест; 3 – крупка; 4 – кирпич; 5 – кирпич; 6 – блоки; 7 – медные трубы; 8 – лётка ; 9 – лётка; 10 – набивка; 11 – кирпич

Рисунок 1.5 – Футеровка печи мощностью 23 МВ. А для выплавки ферросилиция



1-тележка; 2 - асбест листовой; 3 - шамотная подсыпка; 4 - шамотный кирпич; 5 - магнетитовый кирпич; 6 - угольные блоки; 7 - водосборный желоб; 8 - слой боксита; 9 - углеродный материал для розжига печи; 10 - стальной кожух; 11 - труба для водоохлаждения

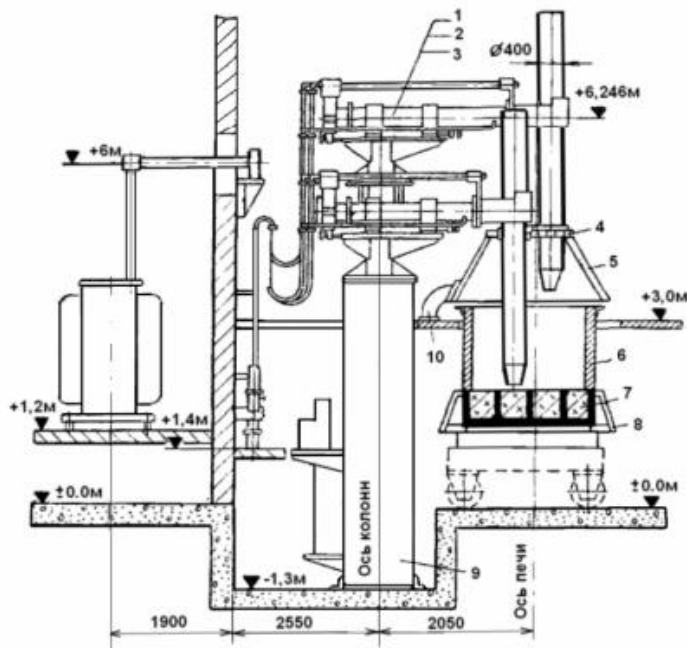
Рисунок 1.6 - Футеровка подвижной печи для плавки нормального электрокорунда

1.3.3 Устройство герметизации печи

Одними из основных трудностей при работе с руднотермической печью является загрузка большого количества первоначального продукта, для таких процессов необходима руднотермическая печь с открытой ванной.

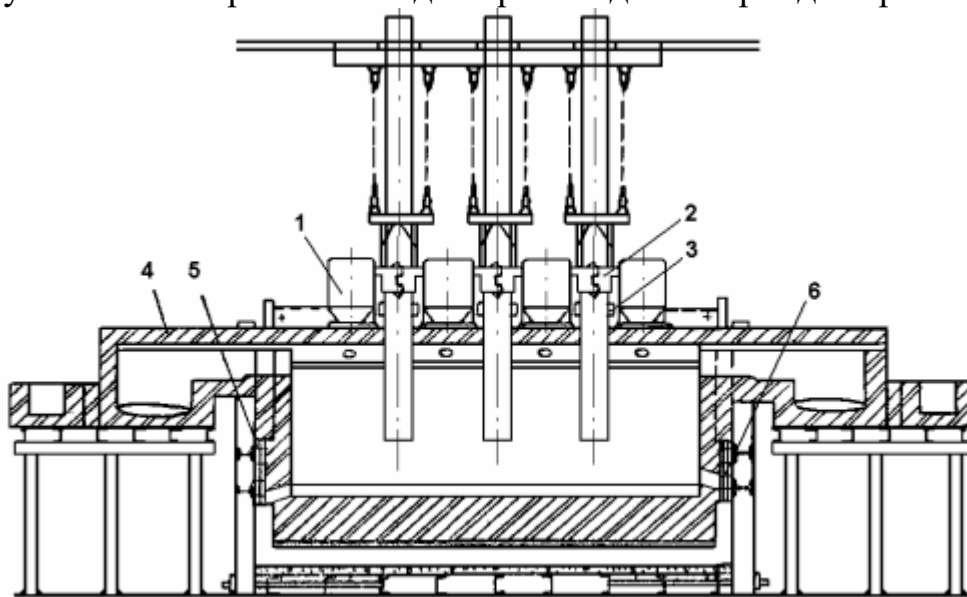
Открытая руднотермическая печь имеет свои недостатки:

- Ряд сложностей для персонала из-за высокой температуры колошника печи;
- Постоянное нахождение под большой температурой, вредит отдельным участкам печи, соответственно требуется из своевременная замена;
-
- Не только находящиеся вблизи от печи детали подвергаются высоким температурам, но находящиеся на значительном расстоянии из-за колошника печи;
- Происходит большое количества сгорания восстановителя, почти до 10-12% из-за довольно высокой температуры колошника и возможности поступления кислорода к нему;
- Энергия, используемая для работы печи, так же расходуется из-за отходящих газов, почти 50%;
- Так же с отходящими газами вместе уходит и довольно большое количество шихтового материала;
- Отходящий газ, довольно опасен, сильно загрязнен, опасен для здоровья сотрудников и взрывоопасен;
- Для регулирования выделения отходящих газов над РТП ставят специальные зонты, что требует дополнительных затрат;



1,2,3 – колонки; 4 – крышка зонта; 5 – зонт; 6 – шахта печи; 7- футеровка подины; 8 тележка с поддоном; 9 – шахта стоек; 10 – вытяжной патрубок

Рисунок 1.7 - Открытая печь для производства карбида бора РК0-1,2



1 – загрузочные воронки; 2 – электрододержатели; 3 – уплотнение электродов; 4 – конденсаторы; 5 – кессон для выпуска штейна; 6 – кессон для выпуска шлака

Рисунок 1.8 - Закрытая печь для получения цинка

1.3.4 Система загрузки печи

Одним из наиболее сложных процессов в РТП является загрузка шихты. В открытых печах загружается более 150 т шихтовых материалов в определенных по стандарту колошника площадью не менее 60 – 80 м². Так же большую сложность представляет загрузка закрытых печей из-за необходимости обеспечения герметичности процесса загрузки.

При загрузке шихтового материалы в любой вид ванны необходимо соблюдать стандарты работы, так к примеру при работе с открытой печью необходимо загрузить не менее 150 т шихтового материала в сутки в определенные по документации места колошника площадью от 60 до 80 м², в закрытых же печах необходимо обеспечить полную герметичность процесса загрузки.

Полная герметичность процесса может быть обеспечена только при механизации всего процесса. В процессе загрузки продукта в закрытую печь возникают некоторые сложности в виде, задержки подачи из-за необходимости определенного количества времени для предыдущей партии. Вследствии описанных ранее особенностей работы с закрытой печью, способных работы с ней заметно отличается от работы с другими руднотермическими печами. Основными характеристиками, которые должны строго поддерживаться является поддержание давления газов и забивание пылью в подсводном пространстве и газоотходов.

Место и способ загрузки шихты в ванну РТП, а также коррективы в шихтоподготовке выбираются по наличию или отсутствию в технологическом процессе шихты. К примеру, производство ферро силиция проходит без большого количества шлака, имеют ярковыраженную плавильную зону, которая располагается строго вокруг электрода, данный процесс называется плавильный тигель.

По расположению шихты в ванне РТП можно разделить на сходящую в расплав через плавильный тигель, а остальная часть остающаяся неподвижной называется гарниссаж. Так же для поддержания стабильной работы данного технологического процесса необходимо обеспечить постоянства состава и гранулометрии шихтового материала. Вследствии данных особенностей процесс загрузки нужно организовать так, чтобы шихтовый материал подавался строго в кольцевую часть вокруг электрода. Для получения такого процесса могут быть задействованы загрузочные воронки, располагающиеся в сводной части воротников вокруг каждого электрода. использование данной технологии чревато высокзатратностью и хрупкостью конструкции, к примеру около 5-8% печных газов сгорает из-за загрузочных воронок, так же из-за них приходится удлинять электроды, что делает более склонными к поломке. Так как некоторые руднотермические процессы требуют загрузки именно через такие воронки, данный процесс еще актуален.

Некоторые руднотермические процессы сопровождаются выделением огромного количества шлака, намного превышающего количества получаемого конечного продукта, к примеру при плавке штейна количество шлака над ним может

составлять высоту до 700 мм. Наличие такого большого количества шлака довольно усложняет весь технологический процесс, но намного может облегчить загрузку. В процессах такого рода плавильная часть располагается под слоем шлака и шихта постепенно начинает растворяться в расплаве [4].

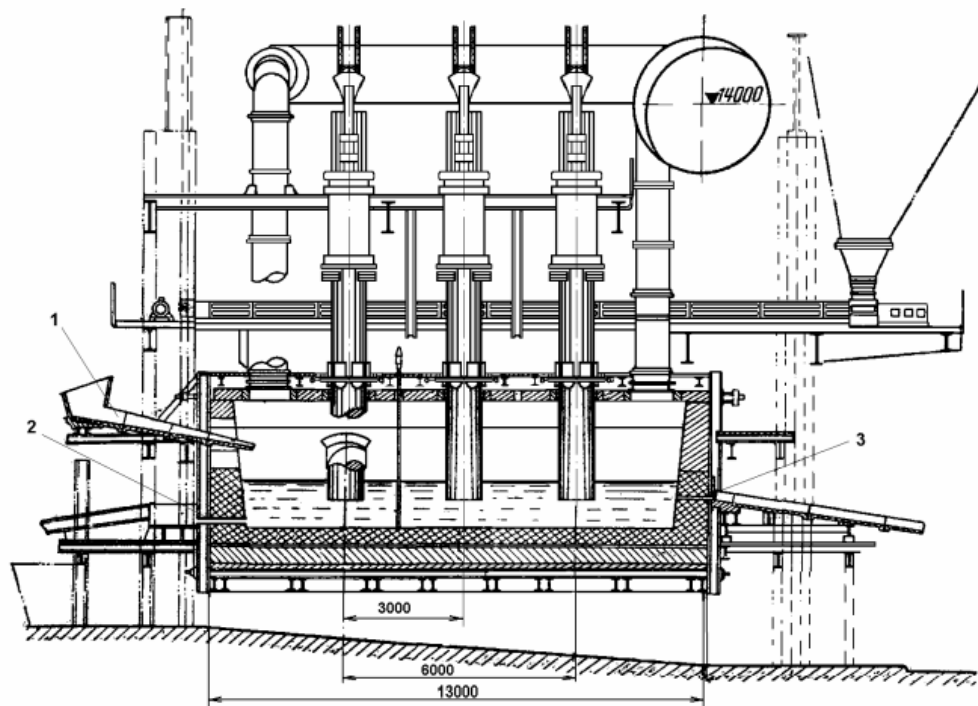
Данный процесс имеет место быть по всей поверхности ванны РТП и соответственно приводит к усреднению состава, но процесс в целом не требователен к химическому и гранулометрическому составу шихтового материала.

Основную роль в работе РТП играет электрический режим и стабильное движение материалов по ванне РТП этого необходимо поддерживать постоянства состава и гранулометрии шихты. Также важно равномерное поступление шихтового материала, которое обеспечивает труботочки, расположенные на своде печи.

Можно сделать заключение, что для закрытых РТП процесс подготовки шихтового материала и ее равномерное поступление в ванну намного важнее и сложнее чем в открытых РТП.

1.3.5 Система разгрузки печи

Ранее был рассмотрен процесс загрузки, дальнейший процесс разгрузки является не менее важным и трудоемким. Для оптимизации всего руднотермического процесса лучше всего использовать непрерывный метод работы. К сожалению из-за трудоемкости данного метода работы не всегда удается исполнить его в жизнь. Одним из примеров непрерывного метода работы РТП является производство медноникелевого штейна. Процесс начинается с загрузки шихтового материала по загрузочным трубам, имеющим специальные заслонки для точного регулирования количества поступающего шихтового материала, количества данных загрузочных может достигать до 72 в зависимости от вида РТП. Разгрузка готового продукта и шлака происходит через специальных леток, установленных в торцевой части стен РТП. Выпуск конечного продукта осуществляется через верхнюю летку, выпуск шлака через нижнюю. Данные летки прогреваются заранее кислородно ацетиленовой горелкой.



1 – воронка для заливки шлака; 2 – лётка для штейна; 3 – лётка для шлака

Рисунок 1.9 - Прямоугольная печь для плавки медно-никелевого штейна непрерывного действия

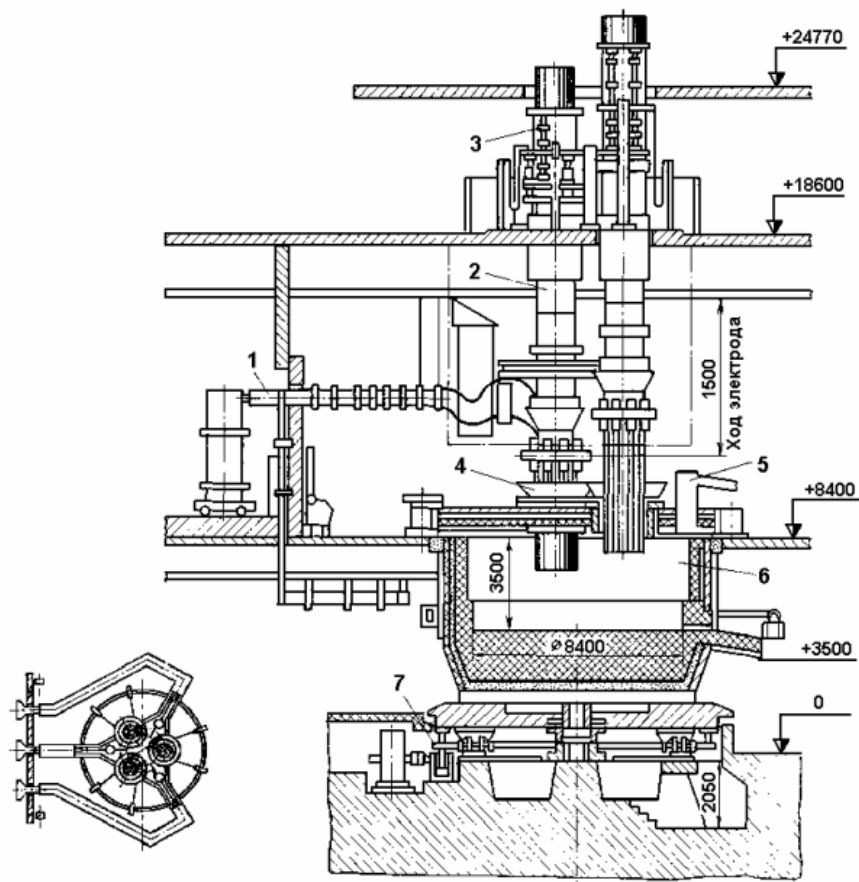
Работа всего РТП основана на преобразовании энергии одного вида в другую, а именно электрическую в тепловую через прохождения тока через шлаковый расплав, для этого необходимо предварительно залить готовый расплавленный шлак из конверторов. Производство конечного продукта в газообразном виде использует непрерывный метод, но для поддержания данного процесса необходимо также выполнять своевременную очистку печи от шлаков и ферро сплавов. По мере накопления шлаков или же ферро сплавов в ванной РТП открываются дополнительные летки, предназначенные специально для этих целей [5].

По количеству израсходованной энергии и количеству залитого шихтового продукта можно с точностью определить момент очистки от шлака.

Также в процессе постоянной работы с одинаковыми исходными данными можно с точностью знать заранее в какое время необходимо сливать шлак и штейн. К примеру, при работе с цинком, через определенные летки штейн сливается один раз в 10-15 дней, а шлак один раз в сутки.

Из-за трудностей работы с непрерывным методом, чаще в производстве используют полу непрерывный метод. В данном методе загрузка также как в непрерывном методе осуществляется непрерывно, а очищение от шлака и слив штейн только по мере необходимости. Примером печи, работающим по данному методу

является печь по производству ферро силицию, в данной печи слив готовый продукт сливают через летки 5-8 раз за день сохраняя равные промежутки



1 – короткая сеть; 2 – электрод; 3 – механизм перепуска электрода; 4 – загрузочная воронка; 5 – газоотвод; 6 – ванна печи; 7 – механизм вращения печи

Рисунок 1.10- Печь РКЗ-33М2 для выплавки ферросилиция

Выбор летки и их количество определяется по особенностям протекаемого технологического процесса. К примеру, если руднотермический процесс имеет дело с жидкими продуктами, то для конечного продукта и шлака имеются разные летки, в другом случае при производстве высоко углеродистого ферро хрома, и конечный продукт, и шлаки сливаются через одну летку 3-4 раза в смену. В некоторых случаях необходимо больше двух леток, как в случае карбида кальция, исходный продукт при высоких температурах имеет очень высокую вязкость, поэтому для выпуска необходимо три летки. В процессе плавки в РТП все летки должны быть строго закрыты.

После окончания всего процесса выполняется открытие леток, для данного процесса используются специальные аппараты в виде кислородных горелок, используют специальное ружье, пробивают ломом или же используют бур. Как описывалась ранее отверстия летки должно быть плотно и надежно закрыто для дальнейшего функционирования всей РТП. После сливания всего штейна и шлака отверстия летки можно заделать огнеупорной глиной или же электродной массой.

Еще один метод работы РТП является периодический режим. Примером периодического режима является производство таких материалов как ферро ванадий и ферро титан, плавка данных материалов выполняется в несколько этапов, из-за особенностей поведения во время высоких температур. Так же как и в двух предыдущих рассмотренных процессах выгрузка шлака осуществляется через летки во время руднотермического процесса. Только после полного завершения процесса плавки готовый продукт сливается через сливной носок, используя механизм наклона печи.

При производстве ферро вольфрама, ферро молибдена, корунда и карбида бора, которые являются тугоплавкими, соответственно поддержать их в жидком состоянии довольно трудоемкий процесс, такое состояние они поддерживают только рядом с электродами. К примеру, температура необходимая для поддержания ферро вольфрама в жидком состоянии необходимо поддерживать температуру не меньше 30000 °С. в таком случае сливание готового продукта через летки может вызвать довольно большие трудности и не весь готовый продукт получится слить с ванны печи. Иногда для таких случаев используют метод разгрузки вычерпывание готового материала стальными чашами объемом не менее 50 кг, в частных случаях используют метод «блок процесс».

Метод разгрузки «блок процесс» заключается в том, что в ванну РТП заливается новая порция шихты до полного заполнения. Далее поднимаются электроды и сама ванна печи, что приводит к быстрому затвердеванию материала находящегося в ванной печи, затем из ванны достают блок и оставляют до полного застывания, полученный блок дробят, разбивают. Полученный в процессе такой манипуляции готовый продукт сортируют от непригодного шлака и от не до конца расплавленной шихты, которую повторно отправляют в ванну печи для дальнейшего расплавления.

Особенностью данного процесса является то, что ванна печи заменяется подвижной тележкой более удобной для передвижения ее в процессе. Один комплект оборудования может поочередности работать с несколькими тележками, что экономит время и энергию.

В заключении можно сказать, что данный метод разгрузки печи является наиболее затратным и менее производительным, но отлично подходит для тугоплавких материалов [6].

1.3.6 Электроды

Основной частью конструкции всей РТП является электроды. В современных РТП используются разные виды электродов, смотря на особенности технологического процесса. Виды электродов: графитированные и угольные, самоспекающиеся.

Самоспекающийся электрод самый распространенный и широко используемый вид электродов для РТП.

Представляет собой изделие цилиндрической формы, наружная часть выполнена полностью из стали и из секций с загруженной электродной самой внутри.

Диаметр цилиндра максимально достигает 2000-2400 мм. В редких случаях сечение самоспекающегося электрода не круглое, а прямоугольное.

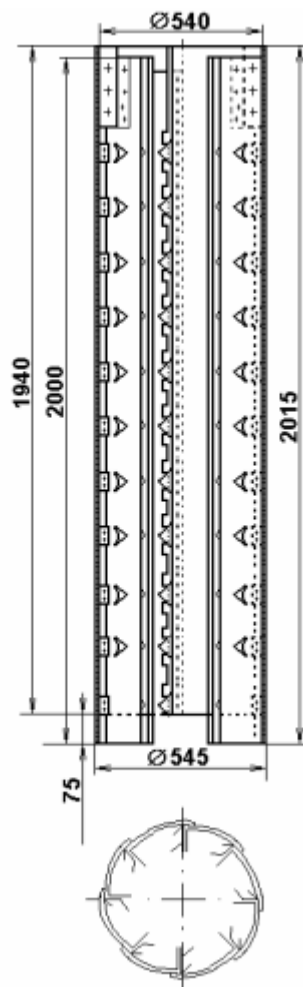


Рисунок 1.11 – Секция кожуха самоспекающегося электрода

Заливаемая во внутреннюю часть электродная масса представляет собой смесь из термо антрацита, отхода от электродов, пека, смрлы, кокса и других отходов материалов. Температура поддерживаемая данной смесью колеблется от 60 до 100°C. Вся смесь, находящаяся внутри данного кожуха проходит расплавление и коксование после погружения электрода в ванну. Когда температура нагрева достигает 500°C смесь внутри электрода начинает полностью твердеть. Соответственно дальнейшее увеличение температуры делает электрод более прочным и работоспособным, по принятым стандартам работы электрод должен выходить из-под контактных щек с температурой не менее 850°C. В конечном итоге проделанных действий получается коксованный электрод по физическим свойствам очень похожий на угольный электрод, основным различием является более большая плотность провидимого тока.

Распределение тока по электроду определяется по температурным показателям, к примеру при температуре ниже 8400 °C ток протекает по металлическому кожуху электрода, при температуре больше 9500 °C протекаемый ток делится между кожухом и электродным телом поровну.

Как упоминалось ранее самоспекающиеся электроды имеют некоторые сходства в эксплуатации схожие с угольными электродами, но самоспекающиеся электроды выходят намного дешевле по цене, легче в эксплуатации и имеют преимущества над угольными электродами. Но для самоспекающихся электродов требуются дополнительные участки для производства наружного кожуха и внутренней электродной массы. При эксплуатации печей с таким видом электродов требуется тщательная проверка и полное соблюдение предписанных правил приготовления готовой массы. Требуется немало вспомогательных действий пока электрод полностью не станет прочным, в ином случае может произойти обрыв. Действия предпринимаемые для укрепления электрода высокого качества наружного кожуха и внутренней электродной массы, выполнение кокмования электрода, стабильный тепловой режим и электрический режим для работы РТП.

1.3.7 Электрооборудование РТП

По своим функциональным характеристикам руднотермические печи имеют те же характеристики, что и сталеплавильные печи, поэтому для обеих видов печей используются одинаковое электрооборудование. Одним отличием является отсутствие дросселя в цепи питания, из-за довольно спокойного электрического режима работы руднотермической печи. Несмотря на вышесказанное технические неполадки, приводящие к отключению печи могут происходить 2-3 раза в сутки, что считается вполне нормальным. Из-за возможностей отключится в руднотермических печах используются высоко вольтные выключатели, рассчитанные именно на такие форсмажорные ситуации.

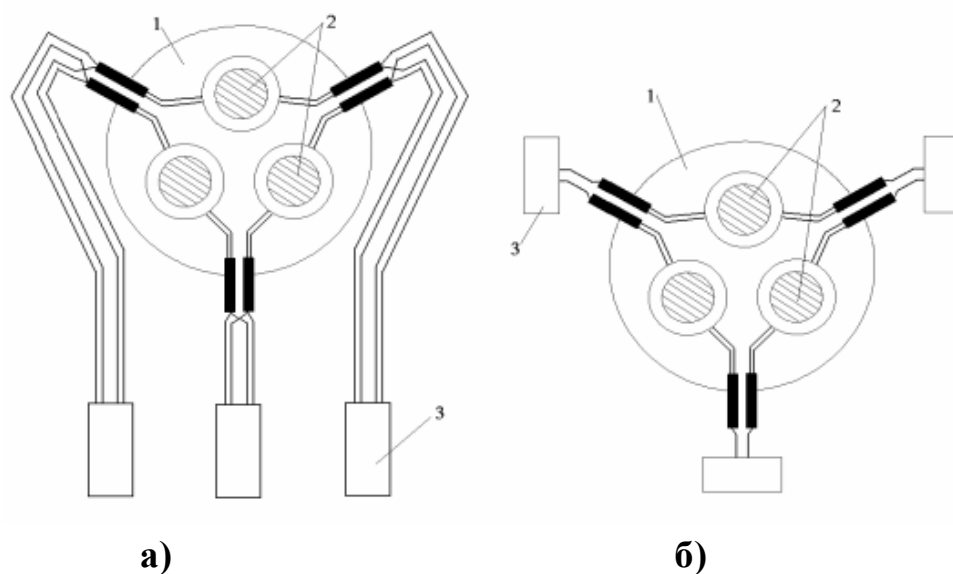
Руднотермическая печь является одной из самых мощнейших потребителей энергии в мире, и имеют схему питания схожую с остальными крупными энергопотребителями. Трансформаторы выполняют колоссальную работу, поэтому имеют несколько ступеней напряжений. Также как в ДСП в РТП имеется две известные системы переключения ступеней напряжения при снятой нагрузке и под нагрузкой. Возможность составления коротких схем довольно ограничена, хотя имеется довольно большое количество руднотермических процессов и конструкций установок РТП.

Самая простая и легкая схему питания имеют однофазные печи. Для работы данного вида печей используют офнофазный силовой трансформатор, а при составлении короткой сети собирают только с минимальею возможным активным и реактивным сопротивлением.

Самые популярные и широкоиспользуемые трехэлектродные круглые печи

Имею короткую сеть по схеме «звезда на электродах» и «звезда на башмаках». Иногда более оптимальные использовать три однофазных трансформатора, вместо одного трехфазного.

В настоящее время имеют место быть схмы симметрично расположенными фазами, но с не симметрично расположенными пакетами, трансформаторы, а именно их камеры, располагаются вокрух печи под углом 120° .



1 – ванна печи; 2 – электроды; 3 – печной трансформатор а) – схема «звезда на электродах»; б) – схема «звезда на подвижных башмаках»

Рисунок 1.12– Схема расположения однофазных печных трансформаторов для круглых трёхэлектродных печей

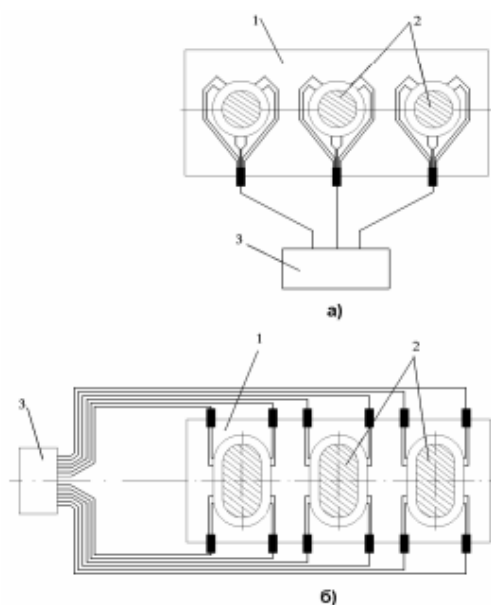
При схеме соединения указанной на предыдущем рисунке, а именно несимметричной отхождение от принятого значения реактивного сопротивления по фазе составляет около 6%, а мощности около 3%. Различие между симметричной схемой соединения и несимметричной схемой является разница в суммарном реактивном сопротивлении, при несимметричной схеме соединения оно больше на 5-7%. Главным достоинством несимметричной схемы соединения в легкости в эксплуатации и компоновки оборудования во время процесса. Отхождения от принятого значения может устранить симметричная схема соединения, так как имеет равные активные и реактивные сопротивления. Отхождения от принятого значения существенно присутствует в прямоугольных трехэлектродных печах. Соединение «звезда на трансформаторе» используется для печей с огромной мощностью. Трансформатор имеет два расположения вдоль короткой или же длинной стороны печи, в первом случае проводники короткой сети фазы могут помочь снизить реактивное сопротивление на более чем 20%, во втором расположении таких изменений не наблюдается.

Как упоминалось ранее в производстве можно использовать три однофазных трансформатора вместо одного трехфазного, в настоящее время данный метод является наиболее используемым, данные трансформаторы питают шесть электродов расположенных по прямой линии, сгруппированных по два [7].

Данная конструкция обладает минимальным значением индуктивности. В производстве, прямо считать что при $\cos \varphi$ РТП меньше чем 0,8, используется

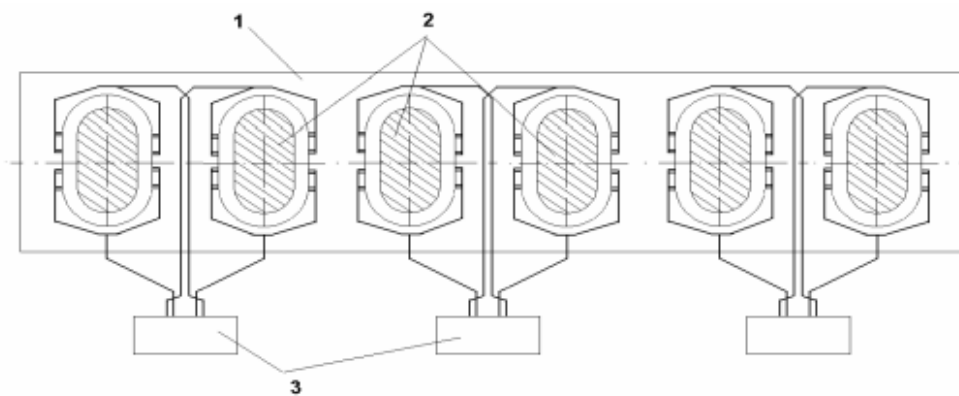
искусственная компенсация коэффициента мощности руднотермической печи. Для искусственного коэффициента мощности необходимо включить дополнительную емкость в сторону высокого напряжения печного трансформатора данная конструкция называется установка продольной емкостной компенсации.

По особенностям технологического процесса, объемам процесса и по рабочим электрическим параметрам руднотермической печи выбирается электрооборудование для печи.



1 – ванна печи; 2 – электроды; 3 – печной трансформатор а) – вдоль длинной стороны печи; б) – вдоль короткой стороны печи

Рисунок 1.13 – Схема расположения трёхфазных печных трансформаторов для прямоугольных трёхэлектродных печей



1 – ванна печи; 2 – электроды; 3 – печные трансформаторы

Рисунок 1.14 – Схема расположения однофазных печных трансформаторов для прямоугольных шестиэлектродных печей.

2 Расчетная часть

2.1 Электрический режим РТП

Электрическая схема замещения составляется для расчета режима работы цепи. Данный вид электрической цепи позволяет в полной мере анализировать состояние и режим как электрической цепи полностью, так и отдельных ее частей. Электрическая схема замещения руднотермической печи позволит в полной мере произвести необходимые расчеты электрического режима.

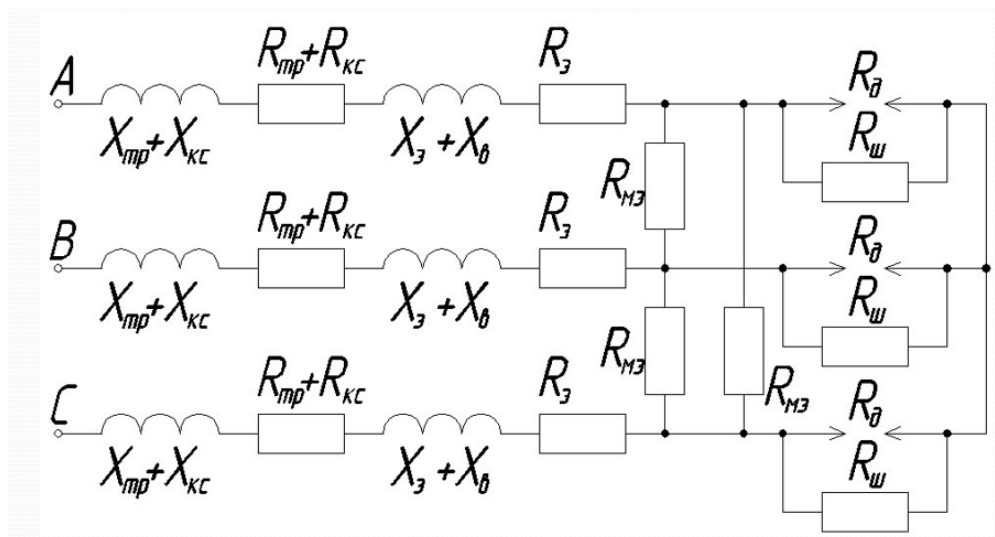
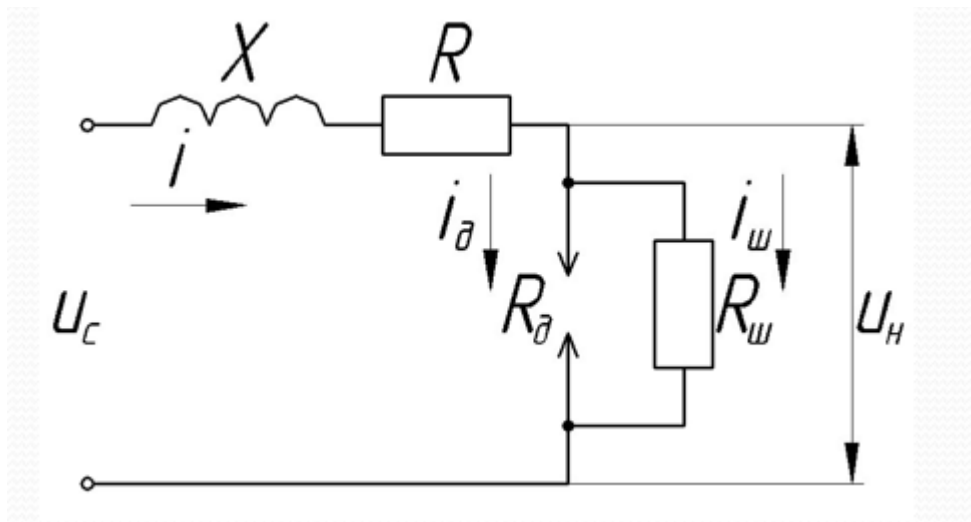


Рисунок 2.1 – Схема замещения руднотермической печи

Для дальнейшего изучения электрического режима лучше использовать типовую эквивалентную схему. Типовая эквивалентная электрическая схема – это электрическая схема, в которой все основные элементы изменены на идеальные, адекватно связывающие входные и выходные параметры, а не основные исключены из цепи. Данная схема является идеальным вариантом для рассмотрения режима работы реального устройства. Сопротивление дуги в схеме замещения абсолютно нелинейным и представляет собой зависимость напряжения от тока и длины дуги $r_d = u_d(i_d, l_d)$. Сопротивление остальных элементов не берется в расчет из-за их малого объема, трансформатор представлен в виде активного и индуктивного сопротивления [8].



u_c —напряжение сети; u_H —напряжение ванны печи; i —ток электрода печи; i_d —ток, протекающий по дуге; $i_{ш}$ —ток, протекающий по проводящим стенкам тигля (ток шихты); R_d — нелинейное сопротивление дуги; $R_{ш}$ — сопротивление проводящих стенок тигля; R_p —сопротивление расплава.

Рисунок 2.2 – Типовая эквивалентная схема замещения для одной фазы руднотермической печи

Для эквивалентной схемы замещения, представленной на рисунке составлена система уравнений на основании законов Кирхгофа, определяющая соотношение между токами и фазами в руднотермической печи:

$$\left. \begin{aligned} u_c - u_H &= i * R + L * \frac{di}{dt}; \\ u_H &= u(i_d, l_d) + i_d + R_p; \\ u_H &= R_d(i_d) * i_d + R_p * i_d; \\ u_H &= R_{ш} * i_{ш}; \\ i &= i_{ш} + i_{ш}; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

2.2 Составление математической модели электрического режима РТП

При помощи данной составленных уравнений (1) можно построить математическую модель в среде Matlab Simulink. При разработке данной модели учитывались инерционность электрической дуги и нелинейность ее вольт-амперной характеристики.

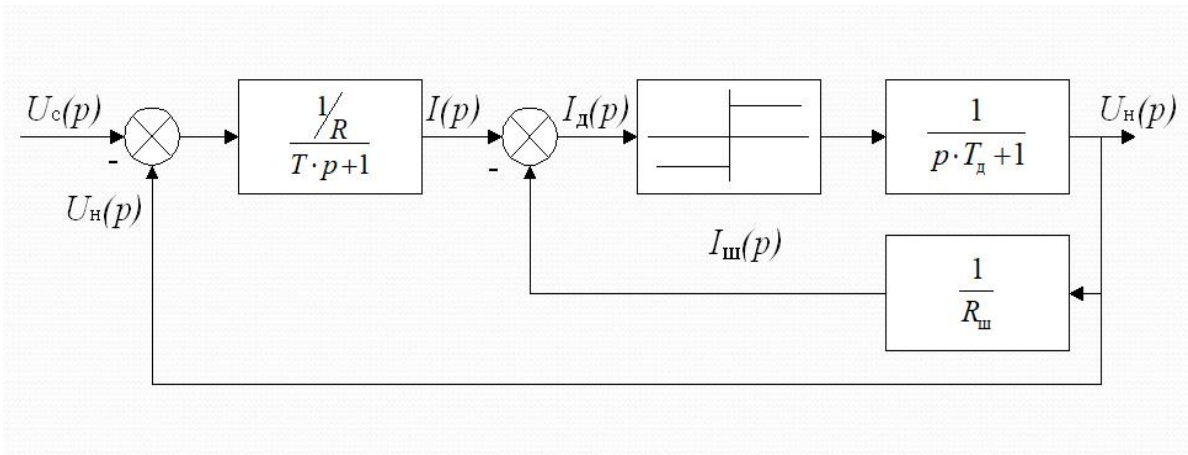


Рисунок 2.3 – Математическая модель фазы РТП

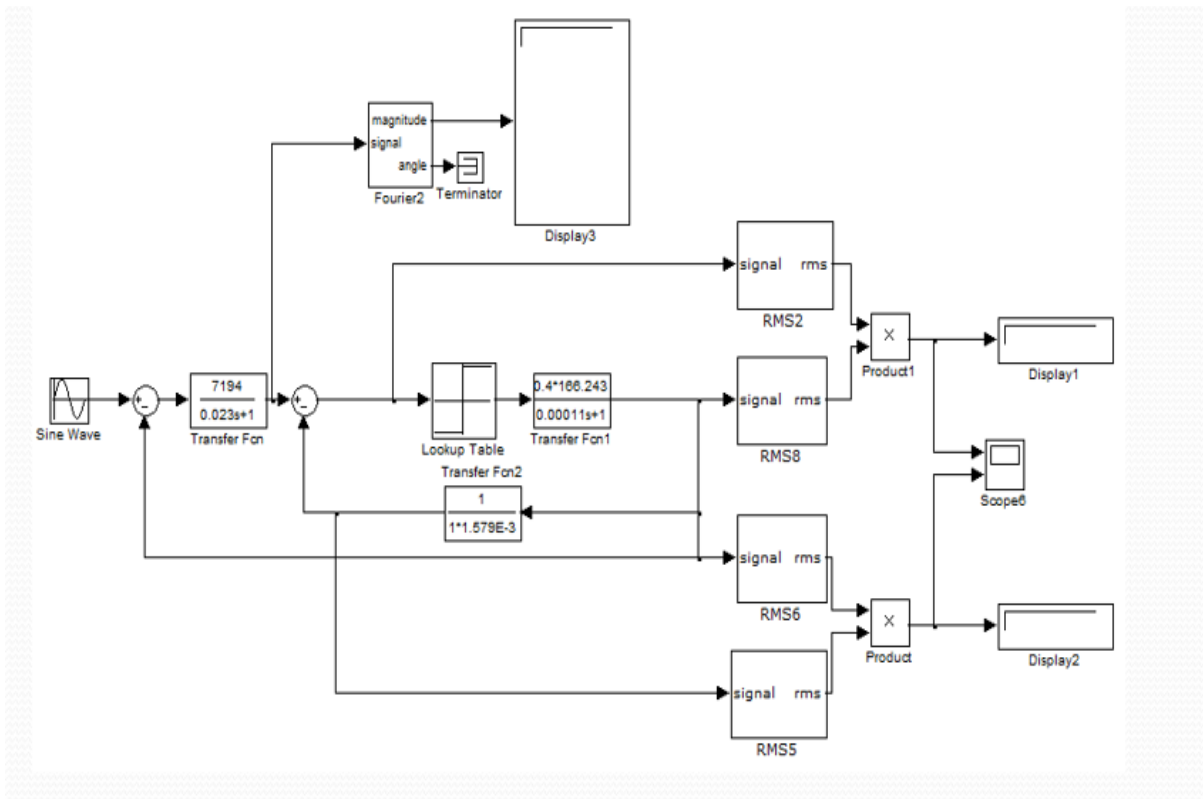


Рисунок 2.4 – Математическая модель модели фазы в РТП

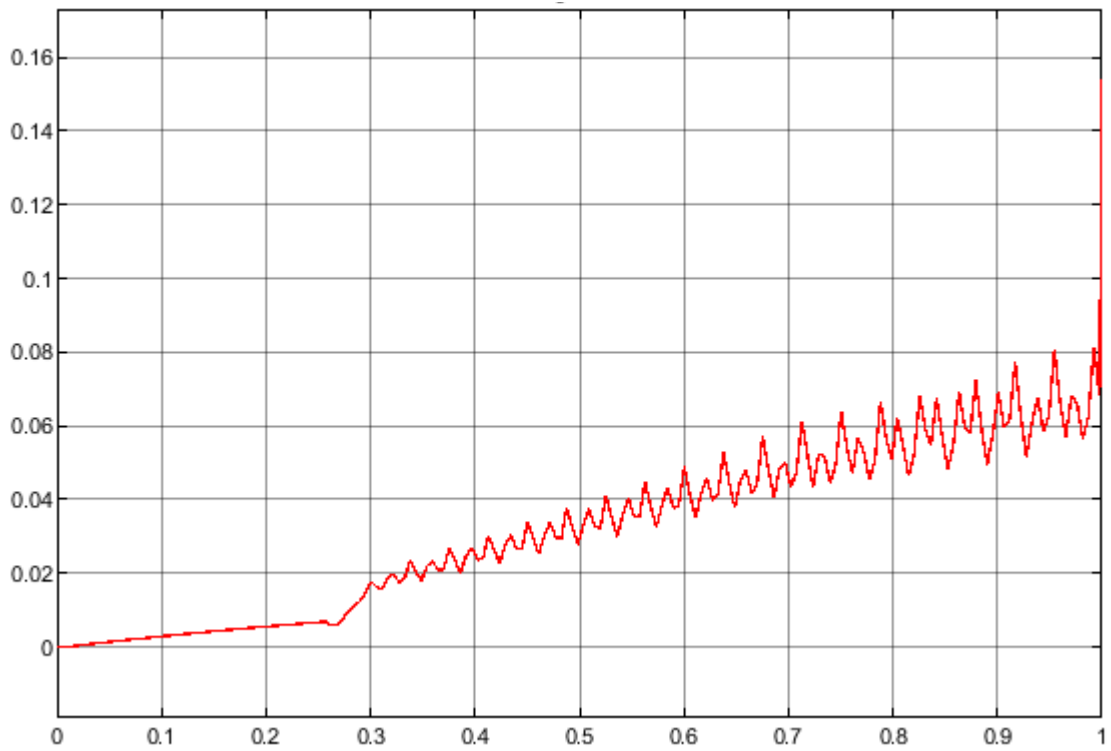


Рисунок 2.5-Результат моделирования гармонических составляющих

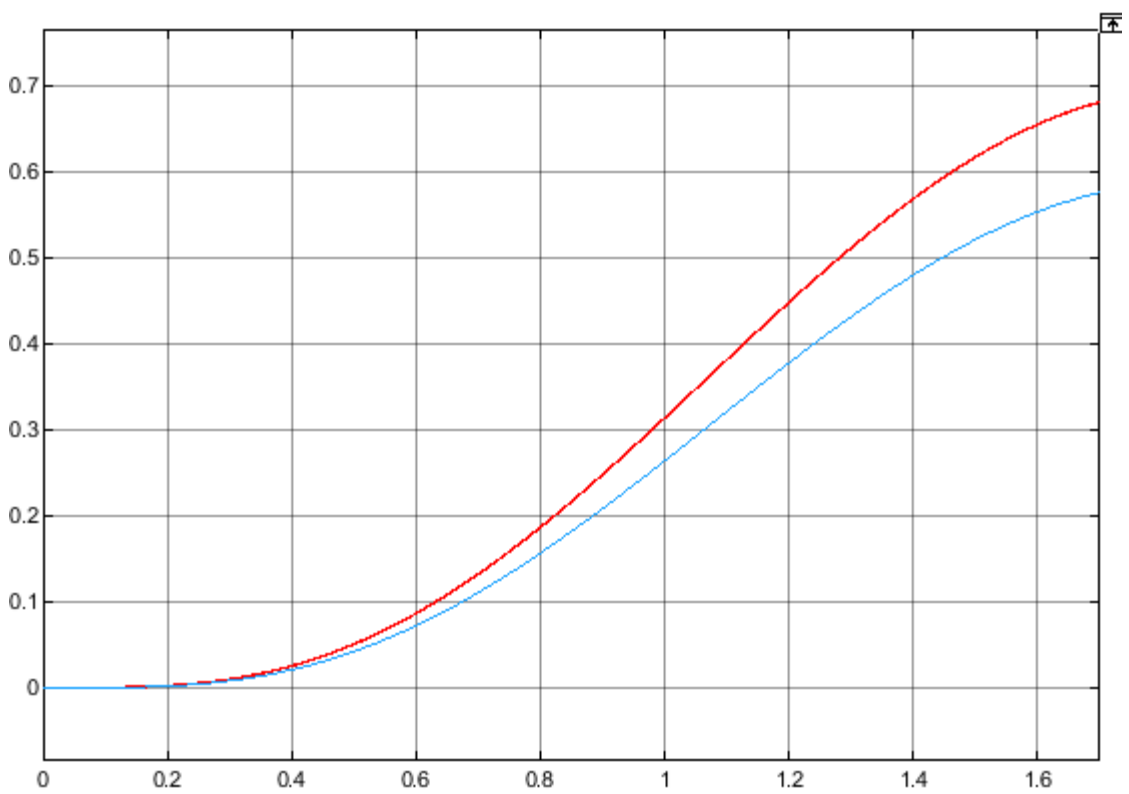


Рисунок 2.6- Результат моделирования действующих значений тока

По полученной математической модели были сделаны выводы о влиянии напряжения дуги и сопротивления шихты на гармонический состав кривой фазного тока, также были проанализированы значения полезной мощности фазы печи, мощности в дуге и мощности в шихте. По полученным в ходе исследования значениям видно, что возросло напряжение дуги, сопротивление шихты [9].

Таблица 2.1-Основные параметры руднотермической печи

Основные параметры	Численное значение
Номинальная мощность, кВт	16500
Максимальный ток электрода, кА	60
Пределы вторичного напряжения, В	204-130
Активное сопротивление фазы, мОм	0,139
Реактивное сопротивление, мОм	0,99
Количество трансформаторов	3

2.3 Регулятор АСУ ТП РТП

Регулятор агрегат необходимый для контролирования и управления техническим процессом, при помощи подачи сигнала рассогласования можно получить сигнал управления, вследствие чего стабилизируется весь процесс. Регуляторы могут выступать как отдельное устройство, также в программе управляемого устройства.

В данном случае для обеспечения стабильной работы РТП и обеспечения минимального времени регулирования РТП выбирается регулятор вида П. П-регулятор один из 3 трех основных видов регуляторов, принцип работы заключается в пропорциональном увеличении управляющего сигнала относительно с ошибкой рассогласования [10].

Передаточная функция П-регулятора:

$$W_{\text{рег}}(p) = k_{\text{рег}} \quad (2)$$

Основным критерием оптимизации является уменьшение интегральной ошибки:

$$J = \int_0^{\infty} \Delta P * dt = \min \quad (3)$$

Основным процессом в работе с П-регулятором является нахождения коэффициента пропорциональности, следуя заданным критериям.

Для более наглядного исследования интегральной оценки качества данного процесса используем программу Matlab пакет Simulink, для симуляции данного процесса. На вход подается единичное ступенчатое воздействие.

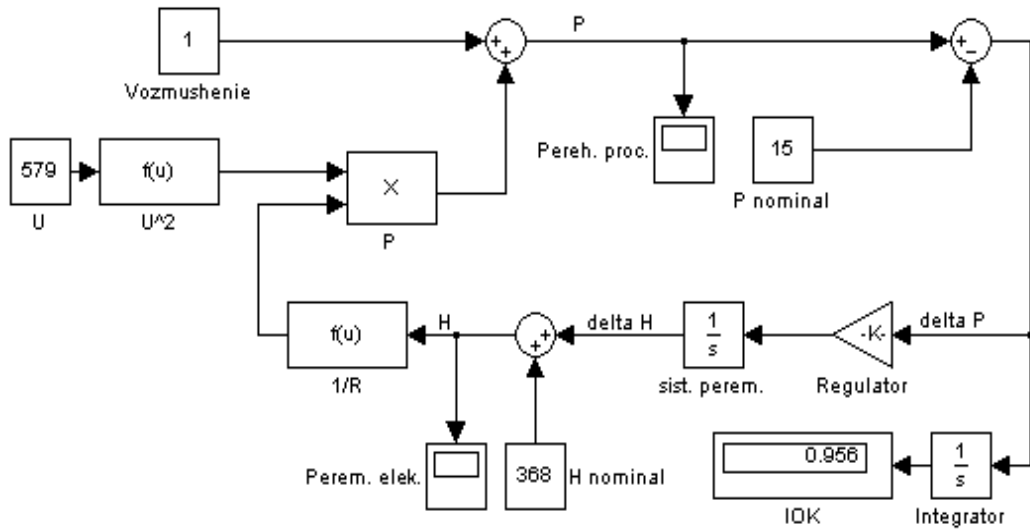


Рисунок 2.7 - Система стабилизации мощности, выполненная в Simulink MatLab

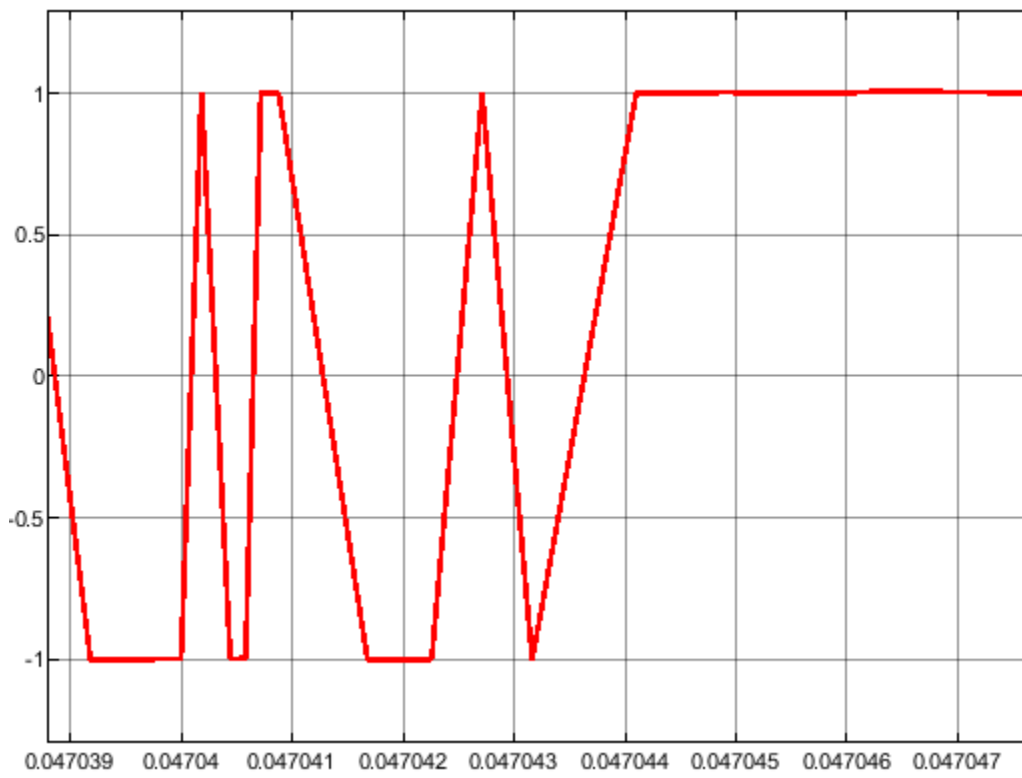


Рисунок 2.8-Передаточная функция

В результате вычислений получено:

$$J \rightarrow 0 \text{ при } k_{\text{рег}} \rightarrow -\infty \quad (4)$$

При проведении расчетов не стоит забывать о допустимой скорости передвижения электродов, составляющую 5 мм/с

$$\left(\frac{dH}{dt}\right) = 5 \quad (5)$$

Следующее равенство выражает зависимость величины заглубления электрода H от ошибки P :

$$H = k_{\text{г.с.}} * \int k_{\text{рег}} * \Delta P * dt \quad (6)$$

где H – заглубляемая величина электрода, мм;

$k_{\text{г.с.}}$ – коэффициент передачи перемещения электрода, равный $1 \frac{\text{мм}}{\text{с} \cdot \text{В}}$;

$k_{\text{рег.}}$ – коэффициент передачи регулятора;

ΔP – ошибка на выходе, МВт.

Формула перемещения электрода:

$$\frac{dH}{dt} = k_{\text{г.с.}} * k_{\text{рег}} * \Delta P \quad (7)$$

По данной формуле находится коэффициент передачи П-регулятора:

$$k_{\text{рег}} = \frac{dH}{dt} * \frac{1}{k_{\text{г.с.}} * \Delta P} \quad (8)$$

По полученным данным видно, что коэффициент пропорциональности напрямую зависит от скорости перемещения электрода. По выбранным критериям оптимальности коэффициент регулирования должен быть минимальным, соответственно прямо пропорционально связанная скорость перемещения электродов так же должна быть минимальной.

$$\frac{dH}{dt} \rightarrow \min \quad (9)$$

Беря во внимание формулу (5):

$$\frac{dH}{dt} = -\left(\frac{dH}{dt}\right) = 5 \quad (10)$$

В результате вычисления численных значений, можем подставить данные в формулу :

$$k_{\text{пер}} = \frac{dH}{dt} * \frac{1}{k_{\text{г.с.}} * \Delta P} = -5 * \frac{1}{1 * 1.5} = -3.33 \quad (11)$$

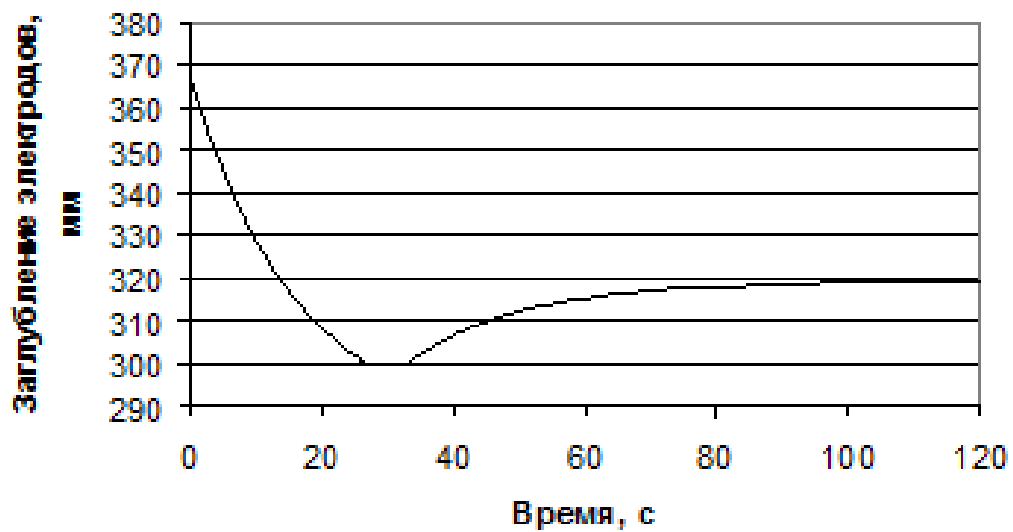


Рисунок 2.9 - График перемещения электродов при подаче на вход единичного ступенчатого возмущения

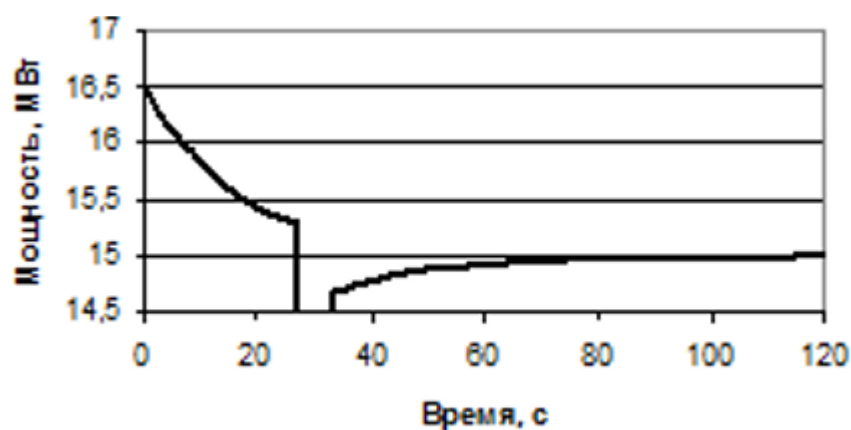


Рисунок 2.10– Переходной процесс.

Мощность между электродами заметно начала спадать в силу, подачи возмущения и поднятия электродов с первоначального состояния. В данном процессе можно заметить и проанализировать работа регулятора, при достижении времени 27 секунд видно, что электроды поднялись до верхнего ограничителя и в этот момент регулятор начинает свою работу. Данный процесс занял менее 10 секунд, в течении данного времени печь была полностью отключена от питающей сети. Мощность стала малой, поэтому электроды начали опускаться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте были рассмотрены и изучены следующие процессы:

- Был освоен сам объект управления, а именно РТП;
- Разработана эквивалентная электрическая схема для полного разбора и изучения электрического режима РТП;
- В процессе написания данного проекта были изучены особенности технологического процесса;
- Была освоена и подробно изучена конструкция и особенности строения и функционирования отдельных деталей РТП;
- Была разработана математическая модель электрического режима;
- Был разработан регулятор для улучшения качества процесса и уменьшения цены выходного продукта

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

РТП - руднотермическая печь

АСУ ТП – автоматическая система управления техническим процессом

ДСП - дуговая сталеплавильная печь

УПК - установка продольной-ёмкостной компенсации.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

ТАБЛИЦА А.1 - Электрические составляющих некоторых видов РТП

Параметр	Тип печи										
	РКО - 2,5	РПО - 7,5К	РКЗ - 10,5Ф	РКЗ - 16,5К	РКЗ - 48Ф-3	РКЗ - 63К-3у	РПЗ - 100К-3у	РКЗ - 100К-3у	РКЗ - 100Ф-3	РПЗ - 160-6у	РПЗ - 250Ф-6
Установки											
Диаметр электродов, м	0,35/0,5	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	3,4x0,85	1,9	1,7	3,6x0,9	1,9
Сила тока печи, кА	8,1	28,9	17,0	56	62,5	126	177	177	96	172	109
Рабочее напряжение, В		128	220	178,5	463	274	327	327	600	310	763
Мощность печи, МВт		5,95	6,32	14,0	48,15	55,2	92	92	90,6	147,2	218
Сопротивление короткой сети, 10 ⁻⁴ Ом:											
реактивное	26,9/21,2	9,4	19,5	9,8	12,00	8,3	7,7	8,8	15,3	21,4	34,2
активное	5,81/9,61	2,45	3,12	1,6	1,08	0,9	0,8	0,7	1,0	0,9	1,6
cosφ установки	0,76/0,87	0,930	0,965	0,84	0,960	0,813	0,787	0,745	0,906	0,612	0,872
Электрический к.п.д.		0,891	0,952	0,86	0,973	0,922	0,919	0,929	0,969	0,888	0,974
Трансформатора											
Типовая мощность, МВА		7,45	10,5	3x8,0	3x21	60	100	100		160	
Число ступеней напряжения		5	8	17	21						
Напряжение по ступеням											
максимальной, В	178	160	180	204	500	300	343	343	660	341	839
минимальной, В	89	131	120	137	300	247	312	312			
Сила тока по ступеням											
максимальной, кА		31		53,4							
минимальной, кА		36	48,5	60	69,6	140	185	185	106	190	120

ПРИЛОЖЕНИЕ П

ТАБЛИЦА А.2 - Энергозатратность разных рудотермических процессов

Продукт производства	А, кВтч/т
Ферросилиций (45%)	4700÷4800
Ферросилиций (75%)	8800÷9700
Феррохром низко- и среднеуглеродистый	3500÷4000
Феррохром высокоуглеродистый	4300
Силикомарганец	4100÷4700
Ферроалюминий	3900
Фосфор	10000÷14000
Электрокорунд нормальный	2800
Электрокорунд белый и легированный	1350÷1600
Карбид кальция, мощные закрытые печи, мощные (40÷60 МВА) частично укрытые печи, открытые печи средней мощности (7,5÷10,5 МВА), открытые печи малой мощности (3÷5 МВА)	2500÷2600
	2900÷3000
	2800÷2900
	3000÷4000
Огнеупоры на блок	3000÷3500
Цинковый кек	1200
Закись никеля	1000÷1100
Медно-никелевый штейн	720
Медный штейн	500

ПРИЛОЖЕНИЕ III

ТАБЛИЦА А.3 - Геометрические составляющих некоторых видов РТП

Параметр	Тип печи											
	РКО - 2,5	РКО - 3,5	РКО - 7,5 РКЗ - 7,5	РПВ - 7,5	РКО - 10,5 РКЗ - 10,5	РКО - 16,5 РКЗ - 16,5	РКЗ-24	РКЗ-33	РПВ - 48	РКЗ - 48Ф	РКЗ - 63	РКЗ - 80Ф
Размеры кожуха												
диаметр, м	4,2	5,0	6,3/6, 8*	-	6,8/7,3*	7,8/8,3*	8,9	10,8/12,5*	-	10,45	14,0	20,5
длина, м	-	-	-	9,0	-	-	-	-	22,1	-	-	-
ширина, м	-	-	-	4,0	-	-	-	-	7,8	-	-	-
Размеры ванны печи												
диаметр, м	2,7	2,7	4,7/5,2*	-	5,2/5,7*	6,2/6,7*	7,2	8,8/9,5*	-	8,5	12,2	16,8
длина, м	-	-	-	7,8	-	-	-	-	20,4	-	-	-
ширина, м	-	-	-	2,8	-	-	-	-	7,1	-	-	-
глубина, м	1,2	1,3	2,0/2,1*	2,3	2,0/2,1*	2,3/2,3*	2,6	3,0	4,5	3,8	4,24	6,76
Диаметр электродов, м	0,3÷0,45	0,3÷0,45	0,9	1,0	1,0	1,2	1,2÷1,4	1,5	2,8x0,65**	1,4	1,2	1,7
Распад электродов, м	1,2÷1,4	1,2÷1,4	2,3	2,15	2,5	2,9	3,4	4,0	3,3	4,0	-	4,8
Ход электрода, м	2,35	2,35	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5	1,6	1,2	1,0	1,2	1,0

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Богданов С.П. Электротермические процессы и реакторы: учебное пособие./ С.П. Богданов, К.Б. Козлов, В.А. Лавров, Э.Я. Соловейчик.- СПб.: Проспект Науки, 2009. – 424 с.
- 2 Свенчанский А.Д. Электрические промышленные печи. Ч.2. Дуговые печи – М.: Энергия, 1970. – 264 с.
- 3 Электрические печи сопротивления и дуговые печи: Учебник для техникумов/Под ред. М.Б.Гутмана. – М.: МИЭМ, 2009. – 119 с.
- 4 Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей / Я.Б. Данцис, Л.С. Кацевич, Г.М. Жиров и др. – М.: Metallurgia, 2010. - 312 с.
- 5.Смелянский М.Я., Бортничук Н.И. Короткие сети электрических печей. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 91 с.
- 5 Микулинский А.С. Процессы рудной электротермии.- М.: Metallurgia, 1966. - 280 с.
- 6 Рысс М.А.М. Производство ферросплавов. - М.: Metallurgia, 1985, - 344 с.
- 7 Электротермические процессы химической технологии: Учебное пособие для вузов/Под ред. В.А.Ершова. – Л.: Химия, 1984. – 464 с.
- 8 Бесекерский В.А., Изранцев В.В. Системы автоматического управленияс микроЭВМ. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1987. -320
- 9 Воронов А.А. Теория автоматического управления. Часть 1. - Москва: Высшая школа, 1986. – 367 с
- 10 Гаскаров Г. А. Интеллектуальные информационные системы. УчебникДля вузов. – М.: Высшая. ПК., 2015

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жанель Бакиева

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка автоматической системы управления руднотермической печью

Научный руководитель: Жанар Омирбекова

Коэффициент Подобия 1: 16.1

Коэффициент Подобия 2: 9.3

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жанель Бакиева

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка автоматической системы управления руднотермической печью

Научный руководитель: Жанар Омирбекова

Коэффициент Подобия 1: 16.1

Коэффициент Подобия 2: 9.3

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Выявленные заимствования являются
описательным техническим процессом и не являются
плагиатом

Дата 16.05.2022 *Ж. Омирбекова* проверяющий эксперт

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На дипломный проект
(наименование вида работы)
Бакиева Жанель Хайроллаевна
(Ф.И.О. обучающегося)

5В070200 - «Автоматизация и управление»
(шифр и наименование специальности)

**Тема: «Разработка автоматической системы управления
руднотермической печи»**

Целью диплоного проекта является разработка усовершенствованной системы управления руднотермической печью, основанной на анализе гармонического состава кривного фазного тока, обеспечивающий повышение эффективности электрических и технологических режимов плавки, а также снижение стоимости конечного продукта.

В настоящее время Казахстан занимает второе место по запасам хромовых руд во всем мире, поэтому разработка усовершенствованной модели руднотермической печи может помочь экономического развитию страны. Оптимизация процесса управления руднотермической печи дало большой прогресс и для дальнейшего развития и роста Актюбинского завода ферросплавов, одного из крупнейших заводов по переработке хрома.

За время разработки дипломного проекта Жанель проявила себя профессионально, выполняла задание качественно и в срок, самостоятельно изучила сложную технологию печи и разработала модель электрического режима печи.

Дипломный проект Бакиевой Жанель соответствует требованиям и имеет практическую значимость, а Жанель заслуживает оценки «отлично» и степень бакалавра по специальности «5В070200-Автоматизация и управление»

Научный руководитель
Ассистент-профессор, PhD
(должность, уч. степень, звание)
Жанель Омирбекова Ж.Ж.

«16» 05 (подпись) 2022 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.И.САТПАЕВА

РЕЦЕНЗИЯ

по дипломной работе

Бакиевой Жанель Хайроллаевны

5B070200-Автоматизация и управление

На тему: Разработка автоматической системы управления руднотермической
печью

Выполнено: пояснительная записка на 30 страницах

В данной дипломной работе рассматривается разработка оптимального управления автоматической системой руднотермической печи.

В первой части дипломной работы рассмотрен технический процесс и конструкция руднотермической печи. Были подробно проанализированы особенности входящих в состав конструкции отдельных деталей, их материал и особенности выполняемых ими функций.

Во второй части дипломной работы были проведены расчетные работы для полного анализа электрического режима руднотермической печи. Была рассчитана математическая модель и рассчитан необходимый регулятор для оптимизации процесса восстановления металла, были получены результаты моделирования и сделаны выводы по проделанной работе.

Графический и текстовый материал оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемых к оформлению учебных работ.

Оценка работы

Считаю, что данная дипломная работа «отлично» и студент Бакиева Ж.Х. присвоения степени бакалавра по специальности 5B070200-Автоматизация и управление

Рецендент

магистр техники и технологии по специальности РЭТ

"АС Engineering"
Сихимбаев А.С.

«13» мая 2022 г.

